

Programme de coopération en télédétection :

FRANCE - Université de KHON KAEN et CONSEIL NATIONAL DE LA RECHERCHE (THAÏLANDE).

*KHON KAEN University - NATIONAL RESEARCH COUNCIL (THAÏLANDE) and FRANCE -  
cooperation program on remote sensing*

**APPROCHE DES MILIEUX AGRICOLES  
DU TUNG KULA RONGHAI (THAÏLANDE)  
À PARTIR DE DONNÉES SATELLITAIRES (LANDSAT)**

*APPROACH TO THE AGRICULTURAL ENVIRONMENT  
OF THE TUNG KULA RONGHAI (THAÏLANDE)  
USING SATELLITE DATA (LANDSAT)*

M. BRUNEAU      J. KILIAN      C. PAIRINTRA      G. SAVARY  
C.E.G.E.T.-C.N.R.S.    I.R.A.T.-G.E.R.D.A.T.    Université de KHON KAEN    I.B.M.-France

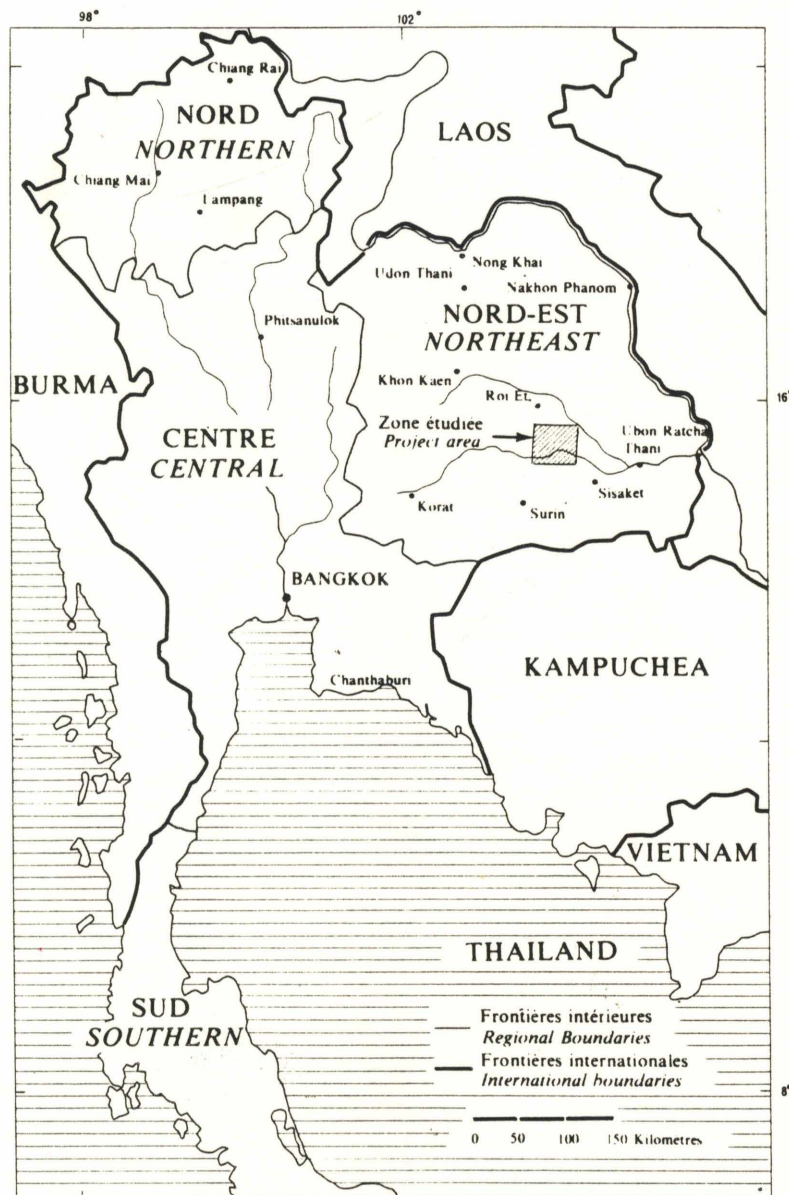
Janvier 1984

*January 1984*

Publié avec le concours du Ministère des relations extérieures - FRANCE

*Published with cooperation of french ministry of external relations.*





Croquis de situation

**Programme de coopération en télédétection :**

**FRANCE - Université de KHON KAEN et CONSEIL NATIONAL DE LA RECHERCHE (THAÏLANDE).**

**APPROCHE DES MILIEUX AGRICOLES  
DU TUNG KULA RONGHAÏ (THAÏLANDE)  
À PARTIR DE DONNÉES SATELLITAIRES (LANDSAT)**

**M. BRUNEAU                      J. KILIAN                      C. PAIRINTRA                      G. SAVARY**  
**C.E.G.E.T.-C.N.R.S.   I.R.A.T.-G.E.R.D.A.T.   Université de KHON KAEN   I.B.M.-France**

**Janvier 1984**

**Publié avec le concours du Ministère des relations extérieures - FRANCE**

## PLAN

### PREAMBULE

#### I - Le TUNG KULA RONGHAI et la région expérimentale

- I. 1. Le milieu physique
- I. 2. Les paysages agraires

#### II - Principes méthodologiques

- II. 1. Le milieu agricole et l'Etat de surface
- II. 2. L'image satellite : rappel de caractères utiles

#### III - Méthodes de travail

- III. 1. Mission de terrain
- III. 2. Enseignements de la mission de terrain
- III. 3. Traitements numériques.

#### IV - Résultats et conclusions

- IV. La carte et la légende
- IV. Les enseignements

### Bibliographie

Schémas : localisation zone: (2 cartes)  
diagramme répartition  
carte et légende



## PREAMBULE

En 1982 est né un projet de coopération scientifique et technique associant le Centre de Géographie Tropicale de Bordeaux (CEGET), l'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des cultures vivrières (IRAT/GERDAT); le National Research Council of Thaïland (NRCT) et le Département des Sciences du sol de l'Université de KHON KAEN.

Le traitement numérique des images LANDSAT est dû à la contribution du Centre Scientifique IBM-France.

L'objet de cette coopération est la mise au point de méthodes cartographiques utilisant les données du satellite LANDSAT pour la connaissance cartographique du MILIEU AGRICOLE dans son ensemble.

Dans une première étape faisant l'objet de cette étude, une région expérimentale a été choisie de dimensions modestes (environ 6000 km<sup>2</sup>) dans le TUNG KULA RONGHAI situé au Sud de KHON KAEN. Dans une seconde étape, il est prévu d'étendre les méthodes mises au point à tout le Nord-Est de la THAILANDE.

Après avoir situé la région test dans le TUNG KULA RONGHAI, et le Nord Est de la THAILANDE, cette note vise à exposer les principes méthodologiques qui ont guidé l'étude, à présenter les méthodes de travail utilisées et les résultats obtenus.



## I - LE TUNG KULA RONGHAI ET LA REGION EXPERIMENTALE

### I. 1. Le milieu physique

Le TUNG KULA RONGHAI se situe au Sud Est de KHON KAEN dans la partie Sud du Bassin sédimentaire de KHORAT dans le Nord Est de la THAILANDE. Il couvre une superficie approximative de 8000 km<sup>2</sup>. Il est limité approximativement au Sud par la rivière MAE NAM MUN qui est un affluent du MEKONG ; au Nord la limite est quelque peu arbitraire et ne correspond pas à des caractères spéciaux du milieu physique.

Longue de 150 km environ selon un axe Ouest-Est, cette région étudiée a une largeur se situant autour de 50-60 km.

La topographie est plane dans l'ensemble et la pente est très faible (environ 1/10 000e) dirigée vers l'Est. L'altitude maximum à l'Ouest est de 135 m et à l'Est de 115 m. Quelques monticules sableux dominant la plaine de 10 à 15 m environ.

Du point de vue géologique, le TUNG KULA RONGHAI est entièrement compris dans la formation MAHASARAKHAM (groupe KHORAT) datant de la fin du tertiaire. Les roches constituant cette formation sont des argiles et des grès colorés.

Sur le pourtour et dans la zone même du TUNG KULA RONGHAI, des pointements de gypse, d'anhydrite et de roches salées ont été récemment mis en évidence ; ces différents matériaux salés ont des conséquences importantes sur la nature des eaux et des sols.

Ce substrat géologique a été récemment recouvert par des matériaux alluviaux.

Le TUNG KULA RONGHAI est constitué par une large plaine alluviale centrale encadrée au Sud et au Nord par des formations alluviales plus anciennes dominant très faiblement la partie centrale en basses collines largement ondulées. Les anciennes études (8) séparaient ces différentes hautes terres en "hautes et moyennes terrasses" ;



cette terminologie est actuellement contestée au moins pour ce qui concerne la moyenne terrasse ; effectivement nos propres observations de terrain ne nous ont pas permis d'individualiser un niveau "moyenne terrasse" dans le centre du TUNG KULA RONGHAI, il semblerait que cette "moyenne terrasse" ne soit ici que des *formes de raccordement* (glacis versant) entre les alluvions récentes (basse terrasse) et les dépôts de la Haute Terrasse. Par contre, au Sud de la région, cette moyenne terrasse est bien individualisée, nous semble-t-il.

La région est drainée par quelques cours d'eau sinueux et peu encaissés, tous affluents de la MAE NAM MUN : LAM SIEO YAI, LAM PHLAPPLA, LAM SIEO NOI pour les affluents les plus importants.

La basse plaine alluviale proprement dite est parsemée de petits monticules à texture grossière sur lesquels se sont construits les villages qui sont ainsi protégés des inondations ; ces monticules sableux sont difficilement attribuables à un des niveaux alluviaux décrits. La texture sableuse, la morphoscopie des sables et leur faible évolution pédologique, leur forme enfin, parfois allongée, semble suggérer une origine éolienne récente (Holocène).

Dans la basse terrasse circule une nappe phréatique *peu profonde* qui, au maximum de l'étiage, ne descend guère en-dessous de 3 à 5 m de profondeur ; en maints encroits cette nappe est salée et freine son utilisation agricole et humaine.

Les sols de la basse terrasse et ceux qui constituent le glacis versant de raccordement à la haute terrasse se sont développés sur du matériel alluvial ou colluvial à grandes variations texturales ; la plupart d'entre eux sont sableux en surface ; la nature de cet horizon sableux reste encore du domaine de l'étude ; il peut être d'origine alluviale stricte (dépôts alluviaux proprement dits) ou résulter d'une évolution pédogénétique (appauvrissement, formation de planosols, etc...). Généralement sableux fin en surface, ces sols peuvent être limoneux ou argileux en profondeur.



Une étude pédologique détaillée réalisée par "la Soil Survey Division" en collaboration avec une mission américaine financée par la FAO, distingue 17 séries de sols pour le TUNG KULA RONGHAI, appartenant pour la plupart d'entre elles aux sols hydromorphes minéraux et aux sols salés.

D'une manière générale, tous ces sols sont de faible fertilité : basse teneur en matière organique, faible capacité d'échange peu saturée, teneurs basses en phosphore assimilable et potasse.

Sur la Haute terrasse, l'évolution pédogénétique est plus poussée, le matériau alluvial est plus épais, de texture sableuse et de couleur rouge ; certaines coupes de travaux publics montrent la présence non généralisée d'une cuirasse ferrugineuse assez profonde. Selon MOORMANN (8), il s'agirait de sols ferrugineux tropicaux.

Cette région est affectée par la mousson du Sud Ouest qui individualise une saison pluvieuse de mai à octobre ; le total annuel des pluies est de l'ordre de 1 200 mm.

Toute l'agriculture de cette région est orientée vers un type de riziculture dénommée en anglais "rainfed paddy field". Les parcelles de riz sont endiguées et inondées par les eaux de pluie, de ruissellement et d'inondation. Ces rizières couvrent presque toute la région. On y pratique une culture annuelle avec un rendement moyen de l'ordre de 2t/ha ; le riz est soit semé, soit repiqué.

La région expérimentale faisant l'objet de cette étude occupe la partie orientale du TUNG KULA RONGHAI et s'étend largement au Nord et au Sud, hors des limites administratives.

## I. 2. Les paysages agraires

Le bassin de la MUN, région de culture pluviale à une seule récolte annuelle, supporte de fortes densités de population, soit 100 habitants/km<sup>2</sup> environ. De peuplement très ancien, elle a été occupée de longue date et aménagée pour l'essentiel en rizières inondées ou sous pluies. La déforestation y est généralisée bien que l'arbre, sauf dans les zones les plus basses, y soit omniprésent. La forêt semi-dense ou claire ne subsiste que sur quelques éléments de la haute terrasse et en lambeaux.



sur la moyenne terrasse. "Un paysage de champs bocagers", étudié par J. BOULBET, a été aménagé par l'homme aux dépens de la forêt de la basse et haute terrasse, un peu partout où il a été possible de faire des rizières ou des champs.

Ces paysages extrêmement humanisés ne peuvent être compris que si l'on se réfère aux données archéologiques du plateau de KHORAT au sens large en relation avec la région de SIEMREAP - ANGKOR au Sud. Deux grands types de paysages ruraux, correspondant à deux périodes historiques et à deux milieux naturels différents, s'opposent dans l'espace cartographié :

- le TUNG KULA RONGHAI proprement dit, c'est à dire la partie basse inondable, mal drainée, aux sols hydromorphes, dans laquelle les arbres sont rares, a été la plus anciennement occupée par les premiers riziculteurs (1er au 7ème siècle après J. C.) qui y cultivaient du riz flottant. La disponibilité en eau toute l'année à une faible profondeur et l'existence d'une végétation peu dense, facile à défricher, ont été des facteurs essentiels pour fixer ces populations. Ces premiers riziculteurs, de culture et de religion indienne, ont creusé des douves de forme grossièrement circulaire autour de leurs villes ou villages. Leur taille est suffisamment grande pour qu'on puisse identifier de tels sites dans le TUNG KULA au Sud Ouest de SUVANNAPHUM entre MUN et LAM SIEO. Les villages actuels y sont localisés. L'utilité principale de ces douves n'était pas la défense mais la disponibilité d'eau pour usages domestiques et religieux tout au long de l'année.

- au Nord-Nord-Est de SUVANNAPHUM et au Sud de THA TUM et RATTANABURI un paysage très différent de type bocager s'impose. Des arbres petits ou moyens aux espèces provenant de forêts mixtes ou claires semi-décidues sont piquetés sur tout l'espace avec quelques alignements, esquisses ou lambeaux de haies. Les villages sur les parties bombées de cette surface ondulée se distinguent par une plus grande densité de couvert arboré : vergers très hétérogènes et reliques forestières avec grands arbres autour des pagodes et des écoles. Les termitières sont partout présentes, au pied de beaucoup d'arbres et arbustes en particulier. L'herbe a poussé dans les champs de rizières en chaumes. Des mares ou de petits étangs sont fréquents à proximité des villages.



Ce damier de rizières bocagères sur basse et moyenne terrasse au-dessus de la plaine inondable est caractéristique de l'époque angkorienne. La riziculture comme aujourd'hui était basée sur le repiquage du riz, les légumes et les fruits jouant un rôle important dans le système agraire. Les mares et les étangs servaient aux besoins domestiques et religieux des villageois et non à l'irrigation qui n'a été développée que près des grands temples et des grandes cités (en dehors de la région étudiée). La taille des villages était beaucoup plus réduite que celle des villages de la plaine d'inondation entourés de leurs douves.

Ces deux grands types de paysages ont marqué la région jusqu'à la période actuelle malgré les vicissitudes de l'histoire du peuplement. Vers le X<sup>ème</sup> siècle un changement climatique causant de nombreuses inondations a provoqué un abandon de la basse plaine alluviale et des villages des premiers riziculteurs. Puis, avec le déclin d'ANGKOR et sa disparition, le plateau de KHORAT s'est très largement dépeuplé. Mais à partir des XVII<sup>ème</sup> et début du XVIII<sup>ème</sup> siècle les anciens sites villageois ont été peu à peu réoccupés par des LAO à partir du royaume de CAMPASAK. Par exemple, en 1718 un MUANG ou principauté a été fondé à SUVANNAPHUM par un aristocrate (CHAO) de CAMPASAK. Tout au long du XVIII<sup>ème</sup> puis du XIX<sup>ème</sup> siècle la région s'est repeuplée et la population s'est accrue pour aboutir aux densités actuelles. Les deux paysages ruraux anciens ont été reconstitués, les techniques de production (la riziculture) n'ayant pas fondamentalement changé. La période récente (depuis la seconde guerre mondiale) est marquée par un accroissement de la pression démographique sur les terres marginales du point de vue de la riziculture. Toutes les terres aménageables en rizières sous pluies l'ont été. Les forêts de la haute terrasse sont défrichées pour des cultures commerciales de kénaf ou de manioc. Ainsi les derniers lambeaux forestiers ou les quelques réserves forestières sont attaqués, menacés par ces défrichements et les brûlis et feux de brousse qui les suivent. On se trouve aujourd'hui en présence d'un milieu exploité jusqu'à la limite de ses possibilités dans le cadre des techniques de production traditionnelles. Des signes d'érosion des sols apparaissent sur les champs de kénaf ou de manioc récemment conquis sur la forêt (haute ou moyenne terrasse).



## II - PRINCIPES METHODOLOGIQUES

### II. 1. Le milieu agricole et l'Etat de surface

*Le milieu agricole*, pour nous, constitue l'ensemble des éléments permettant de *juger* d'une activité agricole et d'en définir les caractéristiques (typologie) ; tout ce qui est visible à la surface de la terre : types de parcelles agricoles, nature, qualité des cultures, dégradation des terres, modifications dans le circuit des eaux, parcours d'élevage sont autant d'éléments indispensables et essentiels pour son évaluation et son suivi dans le temps ; cette évaluation rapide de même qu'une perception fiable et continue de son évolution sont de plus en plus exigées par les responsables du développement rural en raison d'une demande accélérée de terres cultivables. Ce milieu agricole peut être appréhendé au travers de *l'état de surface* qui constitue l'ensemble des caractères propres à la surface de la terre susceptibles d'être détectés depuis un satellite ou un avion.

Cet *état de surface* n'est autre que la résultante des combinaisons étroites, permanentes existant entre les facteurs du milieu biophysique (morphopédologie, climat, hydrologie) et ceux du milieu humain (occupation, utilisation des terres) et des conséquences qui en découlent (dégradation des terres par exemple). Il constitue *en fait*, une première évaluation écologique dans ce sens où il restitue les relations entre les êtres vivants et leur support.

Cartographier cet *état de surface*, c'est donc accéder à une première analyse écologique du milieu naturel ; son intérêt majeur réside dans le fait qu'une telle carte constitue une référence et un outil indispensables aux responsables du développement rural.

*Interpréter* cartographiquement ces états de surface et dégager d'autres unités c'est mettre au point un nouveau type de cartographie agroécologique mettant en lumière les combinaisons réelles existant entre les systèmes agraires et le milieu physique qui les supporte : tel est l'objet de nos recherches. Nous pensons que l'utilisation des images satellites facilitera la résolution de cet objectif.



## II. 2. L'image satellite : rappel des caractères utiles

Rappelons qu'une image satellite est d'abord une suite de nombres enregistrés sur une bande magnétique, chiffres proportionnels à l'énergie du rayonnement réfléchi par la *surface* de la terre dans une gamme de longueur d'onde donnée.

Chaque image (ou scène) est formée de pixels ou tachels ayant chacun sa propre valeur radiométrique (la taille de ces tachels représente la résolution de l'image).

L'ensemble des valeurs radiométriques caractérisant chaque pixel est nommé "signature spectrale de l'objet" ; ces nombres contiennent donc en eux-mêmes l'ensemble des caractères définissant la *surface* de la terre, c'est à dire l'Etat de surface.

La première opération consiste donc à transformer ces nombres en symboles ou couleurs, ce qui permet d'obtenir un document, coloré ou non, appelé couramment une "visualisation". Cette visualisation brute représente *l'image d'une réalité qu'il reste à comprendre* et qui constitue le document de base de toute évaluation ultérieure.

L'identification et la caractérisation de chaque couleur ou gamme de couleur se fait sur le terrain par une recherche systématique et rigoureuse des clefs d'interprétation. L'identification des phénomènes caractéristiques de chaque couleur se fait par l'intermédiaire de "zones-test" ou "parcelle d'entraînement" représentatives des états de surface inventoriés. Chaque zone test comprend un ensemble de valeurs radiométriques qui définissent de la sorte une "classe" d'Etat de surface. Chaque pixel est ensuite affecté par le calcul aux classes ainsi définies et l'on obtient une nouvelle image dite "image classée". L'image classée et sa légende constituent ainsi une première "carte des Etats de surface" qui sera d'autant meilleure que la mission de terrain sera renseignée. Cette image classée constitue aussi un fichier de données numérisées d'où peuvent être extraites par le calcul une série d'autres cartes que seule l'imagination ou le raisonnement peuvent limiter...



La nature des données renseignées sur l'image classée dépendra aussi de l'époque de prise de vue de l'image ; certains phénomènes (humidité, végétation, récoltes) n'apparaissant qu'à certaines périodes de l'année. Une bonne visualisation, les missions de terrain et le choix de la date de prise de vue sont donc trois *conditions* qui préparent une exploitation correcte des données satellitaires pour résoudre l'objectif qu'on s'est fixé.

### III - METHODES DE TRAVAIL

L'identification des informations contenues dans l'image satellite ne peut se faire que l'intermédiaire de la *visualisation* qui se révèle être ainsi un document de travail de toute première importance.

Cette visualisation est un document qui, par des traitements appropriés, traduit les valeurs numériques enregistrées sur les bandes magnétiques en niveaux de gris ou par une gamme colorée. Ce document a l'allure d'une photographie aérienne (verticale).

Cette étape d'identification est nécessaire ; elle prépare en effet les traitements numériques ultérieurs (classification supervisée et interactive en particulier) et, bien entendu, en conditionne la valeur.

La procédure de travail fut donc la suivante :

- mission de terrain
- enseignement de cette mission
- traitements numériques
- vérification sur le terrain.

L'ensemble de ces 4 phases doit aboutir à une image classée dotée d'une légende *interprétative* ; la valeur de cette interprétation découle directement des observations recueillies lors de la mission de terrain.

#### III. 1. La mission de terrain

L'objet premier de cette mission était d'établir les corrélations entre les gammes de couleurs de la visualisation en couleurs composites (texture et structure) et leur réelle signification (vérité terrain). Il s'agissait donc d'identifier des Etats de surface devant servir de référence pour les traitements de classification de l'image.



Nous disposons d'une bonne visualisation LANDSAT datant de janvier 1976, effectuée par l'"Australian Development Assistance Bureau" avec amélioration de contraste à une échelle voisine du 1/100 000.

La mission de terrain a été effectuée en saison sèche 1983 (Avril, Mai), pratiquement au maximum de l'étiage.

La procédure suivante fut appliquée :

1) choix sur la visualisation de combinaisons de couleur (depuis la couleur strictement uniforme jusqu'aux teintes hétérogènes) de façon à prendre en compte la texture et la structure des taches colorées.

2) Délimitation sur la visualisation, de "zones tests" aisément accessibles. Ces zones-tests ont été choisies en fonction de la nuance de couleur, de son homogénéité, des combinaisons de teinte et de leur taille. Nous nous sommes efforcés de choisir des zones-test très représentatives de ces combinaisons et de superficie aussi réduite que possible compatible avec les nécessités des traitements numériques.

3) Observations de terrains consignées sur des *fiches de description* (60 au total) prenant en compte les caractérisations des zones-tests :

*Localisation* : coordonnées géographiques, nom de lieu...

*Unité de paysage* : modelé, forme, place du site dans l'unité...

*Occupation des terres* : type de couvert végétal, densité des arbres

*Utilisation des terres* : types de culture, état végétatif, maladies, type de parcellaire, taille des champs, évaluation du couvert cultural.

*Drainage* : réseau hydrographie, typologie des bas-fonds, évaluation humidité.

*Microrelief* :

*Matériau de surface* : texture et couleur, type de pédogenèse

*Stabilité/instabilité* : évaluation érosion ; nature intensité des processus d'érosion ; action sur la pédogenèse.

*Contraintes agronomiques* : édaphiques et hydriques

*Autres remarques* : renseignements divers.



Une telle procédure, basée sur de nombreuses observations de terrain vise surtout :

- à faciliter l'interprétation des histogrammes de chaque zone-test et à fixer les limites entre chaque classe sur le diagramme de répartition des radiométries (exploitation numérique de l'image),
- à rassembler suffisamment de données et d'observations pour permettre une interprétation ultérieure plus poussée des états de surface ; cette exploitation purement visuelle de l'image doit être utilisée pour l'amélioration de la légende de l'image.

De la sorte l'homme de terrain intervient de façon constante pour l'exploitation numérique des données.

### III. 2. Enseignement de la mission de terrain :

Trois couleurs dominantes caractérisent la *visualisation* : le vert, le rouge, le jaune très clair. Des nuances et des mélanges de couleurs leur sont associés, de même que d'autres tons qui chacun ont leur signification dans le paysage.

Cette visualisation n'est pas jointe à cette note.

Les significations ont pu être attribuées ainsi après la mission de terrain :

Le vert est lié à l'humidité superficielle du matériau et ce quelle que soit la texture du matériau ; l'importance de l'humidité est soulignée par l'intensité de la couleur. Cette couleur met clairement en évidence des *types de milieux* encore humides en janvier, qui donc se caractérisent par une vidange ou un assèchement *lent à moyen* ; ces types de milieu (ou unités de paysage) se localisent surtout dans la basse plaine alluviale et permettent de retracer d'anciens cours d'eau moins fonctionnels actuellement. En janvier, le couvert végétal de ces types de milieux est très faible à nul ; ils sont occupés par des rizières pluviales très faiblement arborées qui, à cette époque de l'année, sont nues.

Le jaune très clair correspond à des types de milieu qui, en janvier, ont une *humidité superficielle* très faible à nulle. Leur assèchement de surface est rapide et, en tout cas, plus rapide que les autres et effectifs en janvier.



Le couvert végétal, en particulier la densité des arbres, est faible à très faible.

Là aussi, cette couleur n'est pas forcément corrélée à la texture du matériau ; elle est plutôt liée à la microtopographie.

*Le rouge* est fortement corrélé avec différents états de couvert forestier ; il n'est pas cependant suffisamment différencié pour autoriser une typologie fine de ces couverts forestiers. Il indique essentiellement un effet chlorophyllien résultant d'une couverture végétale totale du sol, compte tenu de la hauteur des arbres et des différentes strates de végétation.

Deux particularités fondamentales du milieu nature du TUNG KULA RONGHAI déterminent donc les teintes de la visualisation (pour janvier) ce sont : *l'humidité superficielle du matériau* et le couvert végétal, notamment *la densité des arbres* ; ces deux particularités et leurs nombreuses combinaisons possibles sont à la base de la différenciation des différents états de surface décelables sur l'image, donc de la classification de l'image. Les mélanges de couleurs, leurs associations selon des modes précis de texture et de structure ont chacune leur signification que nous avons pu vérifier sur le terrain. Les associations suivantes en fournissent quelques exemples :

- orange au voisinage d'un rouge foncé : milieu à assèchement rapide et fortement arboré,
- vert piqueté de rouge : milieu à assèchement lent et fortement arboré,
- très blanc : bourrelets sableux très secs et nus,
- verdâtre piqueté de rouge : milieu à assèchement moyen et moyennement arboré, etc...

A cette période de l'année, la nature des cultures, toutes pluviales, n'intervient que peu. Celles-ci ont été cependant prises en compte : il y a en effet un contraste très net entre les forêts, leur défrichement cultivé et les zones non forestières *toutes* cultivées en riz ; l'importance de cette dernière culture est telle dans le TUNG KULA RONGHAI qu'elle imprègne nécessairement les états de surface.



Plusieurs classes d'états de surface ont été distingués tenant compte de la situation en janvier 1976 ; nous tâcherons de situer chacune d'entre elle dans son contexte morphopédologique et agraire ;

Ces classes sont les suivantes :

A\* - *Eau profonde, lacs, cours d'eau*: masses d'eau avec une certaine profondeur : barrages, mouilles des cours d'eau, lacs permanents etc...

B - *Eau turbide* : bordures de lacs, barrages ou dépressions susceptibles de s'assécher rapidement ; eau en général affectée de turbidité.

M - *Lit cours d'eau inondable* : des fourrés et lambeaux dégradés de forêt marécageuse occupent le lit majeur des cours d'eau ou d'anciens méandres abandonnés.

C - *Forêt semi-dense* : actuellement, elle est localisée dans des types de milieux bien drainés : haute terrasse, collines sableuses (éoliennes). Il s'agit de reliques de la forêt dense ou semi-dense à Diptérocarpacées largement décidue qu'on appelle également forêt mixte. Cette forêt est le plus souvent dégradée avec peu ou pas de grands arbres dans la strate supérieure. Deux ou une seule strate caractérisent ces reliques forestières où les arbres sont de taille moyenne ou petite. Le sol est totalement couvert par la végétation arborée ce qui donne un fort effet chlorophyllien et caractérise cette classe. Elle regroupe en fait des types forestiers mixtes à tendance décidue plus ou moins dégradés et jamais une belle forêt dense à trois strates. Ce sont des "mosaïques forestières basses dominées par des arbres-reliques dispersés" (J. BOULBET).

Des bois-reliques d'étendue beaucoup plus restreinte entourent d'anciens temples à proximité de certains villages. Forêt et vergers hétérogènes mais denses appartiennent à cette classe qui caractérise ainsi des sites villageois.

D - *Forêt claire ou clairière* : ce peut être une dégradation de la formation précédente, avec une densité d'arbres moins forte ou une forêt claire à basses Diptérocarpacées sur terrasse intensément décapée.

---

\* voir figure 1



Un fourré clair ou semi-dense occupant une clairière de défrichement en jachère entre également dans cette classe.

E - *Cultures pluviales sur défrichements moyennement à fortement arborées et rizières fortement à moyennement arborées* : ce paysage se rencontre sur la Haute terrasse ou sur les glacis versants de la Basse terrasse, au Sud de la zone ; il se situe aussi sur la Moyenne terrasse. Le milieu est bien drainé, à assèchement rapide. Ce sont des champs de cultures pluviales (kénaf, manioc, canne à sucre), ou des rizières à plus ou moins forte densité d'arbres dispersés. Des lambeaux forestiers peu étendus se mêlent aux clairières.

I - *Rizières bocagères fortement à moyennement arborées* : se localisent sur des unités de paysage à assèchement moyen à lent ; ces types de milieu se situent souvent en amont de goullets d'écoulement des eaux superficielles parfaitement localisables sur la visualisation ; ils sont surtout localisés sur la Moyenne terrasse ou sur les glacis versants se raccordant à la Basse terrasse et ne sont pas inondables dans cette situation ; quelques rizières de ce type situées dans la basse plaine en bordure des ruisseaux sont inondables actuellement.

Le piquetage d'essences de forêt dense ou mixte semi-décidue est serré. Ce couvert arboré est hétérogène avec des arbres de couronne et de hauteur très variable, dispersés ou en bouquets. Arbustes et buissons sur des buttes ou des termitières s'alignent parfois en haies interrompues. L'herbe a poussé dans les rizières en chaumes. La nappe phréatique n'est pas très profonde et quelques cultures de saison sèche (tabac, ail, tomate...) sont possibles ponctuellement autour des puits.

H - *Rizières bocagères moyennement à faiblement arborées* : ces rizières sont surtout installées sur les glacis versants de raccordement entre la Haute et la Basse terrasse : le drainage est donc bon et leur assèchement superficiel est rapide. Le matériau en surface est sableux à sablo-limoneux fin ; elles ne sont en général pas inondées par les cours d'eau. Le piquetage d'arbres est plus lâche que dans le cas précédent avec des essences de forêt claire ou de forêt mixte.



*F - Rizières faiblement arborées et sols nus à assèchement rapide* : il s'agit d'un milieu particulier de la basse plaine inondable du TUNG KULA RONGHAI : îlots sableux ou bourrelets de berge sableux liés à d'anciens cours de la MAE NAM MUN, sur lesquels se localisent souvent les villages. Ils se caractérisent par une très faible végétation arborée. Cultivés en rizières ou laissés en pâture non cultivée (rizières abandonnées).

*G - Rizières très faiblement arborées et sans arbre à assèchement lent* : correspondent aux zones les plus basses de la plaine d'inondation des cours d'eau (NAM MUN et LAM PHALAPPLA). Ces milieux se vidangent mal. La texture sablo-limoneuse en surface, est limoneuse à argileuse en profondeur.

*J - Rizières très faiblement arborées et sans arbre à assèchement moyen* : tous localisés dans la basse plaine, ces milieux correspondent à des bordures de dépression ; les arbres rares sont présents en général sous forme de petits bouquets épars. En surface, le matériau est sablo-limoneux fin.

Toutes ces observations de terrain ont servi de base aux traitements numériques appliqués sur l'image pour obtenir l'image classée dont il est question dans le paragraphe suivant.

### III. 3. Les traitements numériques

Le but des traitements numériques est de produire à partir des données brutes, une image classée par états de surface.

Les principales étapes en sont les suivantes :

- calcul de deux canaux à utiliser pour la classification,
- classification supervisée et interactive :
  - . visualisation de deux canaux
  - . définition des classes
  - . création de l'image classée.



### III. 3. 1. Calcul des deux canaux à utiliser pour la classification

Le mode de classification interactive utilisé suppose que l'image soit définie par deux canaux.

Les deux canaux utilisés sont les deux premiers facteurs de l'Analyse en Composantes Principales de l'image corrigée. Les coefficients de corrélation obtenus entre les quatre canaux (les quatre bandes spectrales) de l'image, sont les suivantes :

- canal 1 / canal 2 : 0.93
- canal 1 / canal 3 : 0.68
- canal 1 / canal 4 : 0.46
- canal 2 / canal 3 : 0.70
- canal 2 / canal 4 : 0.48
- canal 3 / canal 4 : 0.88

Les valeurs propres représentent en pourcentage de la variance totale : 77.03 19.55 1.78 1.64 ; les deux premières composantes résument donc plus de 96 % de la variance total.

Les coefficients de l'A.C.P. obtenus sont les suivants :

Première composante :	0.50	0.51	0.53	0.45
Deuxième composante :	-0.49	-0.46	0.34	0.66
Troisième composante :	0.35	-0.10	-0.73	0.57
Quatrième composante :	0.62	0.72	0.25	-0.17

### III. 3. 2. Classification supervisée et interactive

La méthode utilisée est supervisée et interactive, elle suppose que :

- la classification est faite en fonction des valeurs enregistrées suivant deux canaux qui peuvent être soit deux canaux bruts correspondant à une certaine bande du spectre, soit deux combinaisons linéaires des canaux bruts.
- les valeurs radiométriques sont codées de 0 à 63.
- chaque classe peut être identifiée sur l'image par au moins une zone-test.



Le principe de la classification consiste à représenter dans un carré de 4096 cases (64 su 64) les différentes combinaisons possibles des valeurs radiométriques des deux canaux choisis (généralement ce sont les deux premiers canaux de la transformation de KARHUNEN LOËVE ou Analyse en Composantes Principales). La classification est réalisée en effectuant une participation de ce carré. Cette partition du carré induit une partition de l'image. Ce sont les statistiques obtenues à partir des zones-test et surtout les histogrammes bidimensionnels qui permettent de déterminer la meilleur partition.

La méthode est interactive puisque la classification adoptée en définitive est le résultat d'essais successifs et de comparaisons entre les histogrammes des différentes zones-test, les partitions réalisées et les images classées induites.

Une telle procédure nécessite un échange très rapide d'informations entre l'utilisateur et la machine. En particulier, il faut pouvoir calculer et afficher immédiatement les histogrammes obtenus à partir des zones-tests, modifier facilement la partition et visualiser instantanément l'image classée après chaque modification. Ceci a été rendu possible grâce au terminal spécial de traitement d'image IBM 7350, et à logiciel de classification d'images développé sous APL par Le Centre Scientifique IBM France.

Les caractéristiques principales de l'IBM 7350 sont :

- un écran couleur comportant 1024 x 1024 points,
- une mémoire de rafraichissement à 12 plans,
- une table de transcodage couleur à 4096 entrées qui offre un choix de 32 000 couleurs,
- une mémoire auxiliaire de 6 millions d'octets qui permet d'enregistrer des images et de les afficher instantanément sur l'écran,
- un processeur à grande vitesse spécial pour le traitement des images qui est capable d'effectuer les transformations, combinaisons, interpolations, calcul de distributions et d'autre paramètres statistiques.

Le programme de classification fait appel aux possibilités particulières de l'IBM 7350, afin d'être aussi interactif que possible avec des temps de réponse très courts relativement au travail accompli par le système.



La classification proprement dite comprend 3 phases :

- visualisation des deux canaux utilisés,
- définition des classes,
- création de l'image classée.

Dans le cas de l'image du TUNG KULA RONGHAI les canaux sont les deux premières composantes de la transformation de KARHUNEN LOËVE. Elles ont été calculées par l'IBM 7350 à partir des quatre canaux bruts.

### III. 3. 2. 1. Visualisation des deux canaux

avant d'être visualisés les canaux doivent être recodifiés de telle manière que les valeurs soient comprises entre 0 et 63 . Le processeur de l'IBM 7350 permet de réaliser ce transcodage en même temps que la visualisation en utilisant des tables de traduction et sans nécessiter de temps de traitement supplémentaire. La durée totale de l'opération transcodage + affichage est d'environ 3 secondes. Les canaux sont rangés dans la mémoire de rafraîchissement à raison de 6 plans par canal. La table de transcodage couleur permet de réaliser plusieurs types de visualisation (par exemple un canal en rouge et l'autre en vert ou bien un canal définit la couleur de l'autre l'intensité lumineuse).

### III. 3. 2. 2. Définition des classes

Le carré de 64 x 64 cases utilisé pour représenter les valeurs des canaux est affiché sur un écran conversationnel, de préférence en couleur (on peut employer l'IBM 3279). A chaque classe est attribué un symbole par exemple une lettre de l'alphabet qui permet de la représenter. La classification est réalisée en affectant un de ces symboles à chaque case (voir figure 1). Des fonctions d'édition spéciales ont été développées qui permettent de définir et modifier aisément le domaine de chaque classe.

Pour définir la meilleure partition, trois sortes d'informations sont utilisées :

- histogramme bidimensionnels des zones-test,
- distribution des classes à l'intérieur de chaque zone-test,
- visualisation de l'image classée.



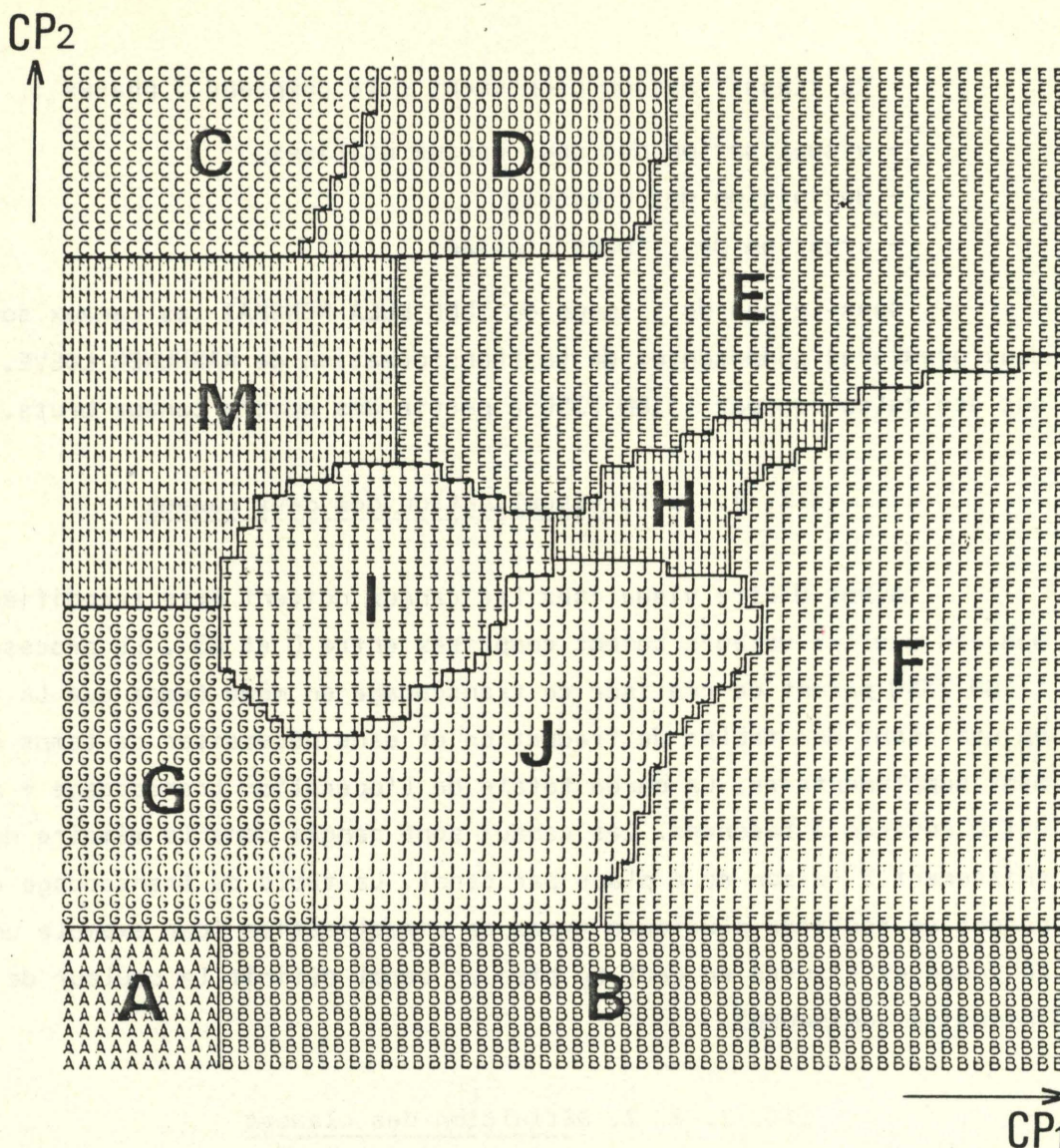


Fig. 1. Partition des radiométries dans le plan des deux premières composantes d'une analyse en composante principale (image du Tung Kula Rong Hai)

- A - Eau profonde , lacs, cours d'eau
- B - Eau turbide
- M - Lit de cours d'eau inondable
- C - Forêt semi-dense
- D - Forêt claire ou clairière
- E - Cultures pluviales sur défrichement moyennement à fortement arboré ; rizières fortement à moyennement arborées
- I - Rizières bocagères fortement à moyennement arborées
- H - Rizières bocagères moyennement à faiblement arborées
- F - Rizières faiblement arborés et sols nus
- G - Rizières très faiblement arborées et sans arbre à assèchement lent
- J - Rizières très faiblement arborées et sans arbre à assèchement moyen



### . Histogramme bidimensionnel

L'histogramme est affiché sur l'écran conversationnel au moyen des chiffres 0 à 9, chacun de ces chiffres représentant le nombre de points en dixième par rapport au maximum (mode). Ainsi, il est possible de dessiner des limites de classe qui soient en accord avec les statistiques obtenues sur les zones test (voir figure 2). Il est bien entendu qu'il n'existe pas sur le terrain ni sur l'image de classes distinctes. Tous les intermédiaires existent et on passe insensiblement de la forêt dense à la forêt clairière et des rizières fortement arborées aux rizières moyennement ou faiblement arborées.

Entre deux classes voisines plusieurs limites sont essayées et testées visuellement. La limite générant une meilleure affectation des classes à l'intérieur des zones-tests est adoptée en définitive.

### . Distribution des classes à l'intérieur des zones test

En même temps que l'histogramme, est affiché pour chaque classe le pourcentage qu'elle représente dans la zone-test. Le résultat est mis à jour chaque fois que l'on change de partition. Il est ainsi possible de vérifier à chaque instant, la justesse de la classification.

### . Visualisation de l'image classée

L'image classée peut être affichée à tout moment à l'aide de la table de transcodage couleur. Cette table a 4096 entrées qui correspondent aux 64 x 64 cases du carré des valeurs des canaux. A chaque classe est attribuée une couleur. En chargeant ces couleurs dans la table aux adresses correspondant au domaine de chaque classe, on voit l'image classée apparaître sur l'écran.

L'image classée a été ensuite envoyée sur bande à l'IGN (service des Applications Nouvelles) pour être redistribuée par le système SEMIO ; on a ainsi obtenu 3 typons correspondant chacun à une couleur fondamentale (jaune, cyan, magenta) directement utilisables pour une impression offset. Le typon d'habillage a été dessiné au laboratoire de cartographie de l'IRAT.



[illegible]

PF 1:HELP 2:? 3:= 4:LUMCOL 5:COLLUM 7:↑ 8:↓ 9:COPY 10:VIEW 11:SAVE 12:QUIT



## IV - RESULTATS ET CONCLUSIONS

### IV. 1. Documents cartographiques

A la suite de la mission de terrain et des traitements supervisés interactifs, un document cartographique a été établi, constitué de l'image classée et de sa légende, à l'échelle du 1/100 000 environ.

Les 11 classes représentatives des *états de surface* reconnus sur le terrain constituent la base de cette légende.

A chaque classe a été attribuée une couleur de façon à ce que les particularités de la zone, à savoir *le drainage et la densité des arbres* puissent se dégager visuellement ; l'observation d'ensemble de l'image met en évidence les rizières très faiblement arborées à assèchement lent (violet) et à assèchement rapide (jaune clair) de la basse plaine. Ces milieux sont contrastés visuellement avec les couverts à forte densité d'arbres entourant la basse plaine d'inondation colorée en vert.

La mission de terrain a permis d'introduire dans la légende deux séries de données "couvert végétal et paysages agraires" et "caractères morphopédologiques". Ces deux ensembles de données situent mieux les différents états de surface dans le double contexte du milieu physique et du milieu humain.

### IV. 2. Enseignements

Les enseignements suivant nous ont paru être les plus évidents :

- la qualité de la visualisation est primordiale ; ici l'amélioration de contraste met en valeur les différences entre le vert, le blanc, le rouge.

### IV. 3. Création de l'image classée

Lorsque la classification obtenue est jugée satisfaisante, on peut faire réaliser par l'IBM 7350 une image classée c'est à dire une image où les valeurs des canaux sont remplacées par les numéros de classe



correspondant. On utilise pour cela une autre table de transcodage qui se présente de la même manière que la table de transcodage couleur à ceci près que les couleurs sont remplacées par des numéros de classe. L'image classée est d'abord enregistrée dans la mémoire de l'IBM 7350 d'où elle peut être envoyée sur des mémoires de stockage, disque ou bande.

C'est de cette manière qu'a été définie l'image classée des états de surface. Au total 11 classes ont été définies.

Les pourcentages occupés par chaque classe sont les suivants :

POURCENTAGES PAR CLASSE ET SUPERFICIES

SYMBOLE DIAGRAMME REPARTIT.	ETATS DE SURFACE	%	SUPERFICIE en ha
A	Eau profonde, lacs, cours d'eau	1.05	6 424
B	Eau turbide	0.66	4 051
M	Lit de cours d'eau inondable	6.52	39 949
C	Forêt semi-dense. Assèchement rapide	3.48	21 391
D	Forêt claire ou clairière. Assèchement rapide	4.03	24 693
E	Cultures pluviales sur défrichement moyennement à fortement arboré; rizières fortement à moyennement arborées. Assèchement rapide.	12.38	75 852
I	Rizières bocagères fortement à moyennement arborées. Assèchement moyen à lent.	20.80	127 503
H	Rizières bocagères moyennement à faiblement arborées. Assèchement rapide.	9.15	56 092
F	Rizières faiblement arborées et sols nus Assèchement rapide.	13.80	84 564
G	Rizières très faiblement arborées ou sans arbre A assèchement lent.	4.47	27 417
J	Rizières très faiblement arborées ou sans arbre. Assèchement moyen	23.66	145 007
TOTAL		100	612 943



- la date de la visualisation est capitale : selon celle-ci, des phénomènes sont perçus, masqués ou contrastés. Il est probable par exemple que, pour le TUNG KULA RONGHAI, une visualisation du mois de mai aurait eu beaucoup moins de vert qu'en janvier, masquant ainsi tous les circuits de vidange des eaux dans le paysage. Les zones salées, nombreuses dans le TUNG KULA RONGHAI n'ont pas pu être définies donc être délimitées sur cette visualisation ; la mission de terrain a été nécessaire pour introduire cette donnée dans la légende,

- une bonne connaissance du terrain est obligatoire pour implanter correctement les zones-test et assurer une classification supervisée et interactive fiable : en effet, et cela fut le cas pour le TUNG KULA RONGHAI, la classification adoptée en définitive est le résultat d'essais successifs et de comparaisons entre les histogrammes des différentes zones-tests, les partitions réalisées et les images classées induites. Ce point est fondamental.

Janvier 1984



# BIBLIOGRAPHIE

- 1 - BOULBET (J) - "Evolution des paysages végétaux en Thaïlande du Nord-Est".  
Ecole Française d'Extrême Orient, Paris, 1982, 36 p.
- 2 - BRUNEAU (M), KILIAN (J) - Inventaires agroécologiques, paysages et télédétection  
en milieu tropical. Essai méthodologique. Colloque A.T.P.:  
Télédétection spatiale. Centre les Fontaines. Chantilly. 1983.
- 3 - CHOMCHAN (S), PANICHPONG (S) - Tung Kula Ronghai part 1. Preliminary  
data and land use plan. Department of land development.  
Soils survey division. 1975.
- 4 - CHULALONGKORN University Social research Institute - Report on Tung Kula  
Ronghai project review for implementation. Bangkok 1981.
- 5 - DOSSO (M) ; KILIAN (J) ; SAVARY (G) - Etude IBM-IRAT - Campagne de simulation  
des données SPOT Haute Volta : région de Bagre. Centre Scienti-  
fique IBM-France - Etude F-059. Paris 1983.
- 6- Guidelines for flood Mitigation - Tung Kula Ronghai Northeast. Thailand.  
Kingdom of Thailand. Australian Development assistance bureau.  
August 1979.
- 7 - KEYES (C.F.) - "In search of land : village formation in the Central Chi  
river valley, Northeastern Thailand", in Contributions to Asian  
Studies, vol. 9, Leiden, 1976, pp 45-63.
- 8 - MOORMANN (F.R.) ; SAROT MONTRAKUM ; SAMARN PANICHAPONG - Soils of  
northeastern Thailand. A key for their identification and survey.  
Kingdom of Thailand. Land Development Departement. Soils Survey  
Division. Bangkok 1964
- 9 - PAIRINTRA (C) ; KONGKAJANDR (V) ; BOONPROMMA (K) ; RUANSIRI (P) ; BRUNEAU (M) ;  
KILIAN (J) - Land cover inventory and changes detection using  
Landsat data. Tung Kula Ronghai. Land Cover NRCT Seminar.  
Bangkok 1982.
- 10 - United Nations, Economic Commission for Asian and the Far East - "Archeology  
and the Mekong Project." Committee for Coordination of Investi-  
gations of the Lower Mekong Basin.



*KHON KAEN University - NATIONAL RESEARCH COUNCIL (THAÏLANDE) and FRANCE -  
cooperation program on remote sensing*

***APPROACH TO THE AGRICULTURAL ENVIRONMENT  
OF THE TUNG KULA RONGHAI (THAÏLANDE)  
USING SATELLITE DATA (LANDSAT)***

**M. BRUNEAU                      J. KILIAN                      C. PAIRINTRA                      G. SAVARY**  
**C.E.G.E.T.-C.N.R.S.   I.R.A.T.-G.E.R.D.A.T.   Université de KHON KAEN   I.B.M.-France**

*January 1984*

*Published with cooperation of french ministry of external relations.*



## CONTENTS

### PREFACE

#### I - The TUNG KULA RONGHAI and the experimental area :

I. 1. The physical environment

I. 2. The agrarian landscapes

#### II - Methodology

II. 1. The agricultural environment and the surface state

II. 2. The satellite image : useful features

#### III - Work methods

III. 1. The field study

III. 2. Information obtained during field study

III. 3. Digital analysis

#### IV - Results and conclusions

IV. 1. The map legend

IV. 2. Conclusions

### BIBLIOGRAPHY

### DIAGRAMS :

- Situating the region (2 maps)
- Distribution of diagrams
- map and legend.



## PREFACE

In 1982, a project of scientific and technical cooperation was set up between the "Centre d'Etudes de Géographie Tropicale" (CEGET) in Bordeaux, the "Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des cultures vivrières" (IRAT-GERDAT), the "National Research Council of Thailand" (NRCT) and the "Department of Soil Sciences" at the University of Khon Kaen.

The aim of the project was to establish cartographic techniques using data from the LANDSAT satellite, in order to produce good cartographic coverage of the AGRICULTURAL ENVIRONMENT as a whole.

This paper describes the first stage of the project. A relatively small experimental area was selected (about 6000 km<sup>2</sup>) in the TUNG KULA RONGHAI, to the South of KHON KAEN. In the second stage of the project, the methods which have been established will then be applied to the whole of North-East Thailand.

In the following pages, the test area is described and situated in the TUNG KULA RONGHAI and in North-East Thailand as a whole. Next the principles of the methodology behind this study are set out, followed by the study methods and the results obtained.



## I - THE TUNG KULA RONGHAI AND THE EXPERIMENTAL AREA

### I. 1. The physical environment

The TUNG KULA RONGHAI lies to the South-East of KHON KAEN, in the Southern part of the sedimentary KHORAT basin in North-East Thailand. It has an area of approximately 8000 km<sup>2</sup>. Its southern limit follows more or less the MAE NAM MUN River, a tributary of the MEKONG. The Northern limit is rather more arbitrary and does not correspond to any specific physical feature.

The area is about 150 km long along its West-East axis, with a maximum width of about 50-60 km. The topography is generally flat with a very gentle slope (about 1 in 10,000) towards the East. Maximum altitude in the West is 135 m and in the East 115 m. A few sandy mounds, 10 to 15 m in height, dominate the plain.

As far as the geology of this region is concerned, the TUNG KULA RONGHAI is entirely within the MAHASARAKHAM formation (KHORAT group) which dates from the end of the Tertiary period. The rocks which make up this formation are argillites and coloured sandstones.

Around the perimeter of the TUNG KULA RONGHAI and within the region itself outcrop of gypsum, anhydrite and salt-bearing rocks have recently been observed. These various salt-bearing materials have a considerable effect on the water and soils of the region.

This geological substratum has recently been covered by alluvial deposits.

The TUNG KULA RONGHAI consists of a wide central alluvial plain, enclosed to the South and North by older alluvial formations. These consists of low undulating hills which slightly dominate the central part. Earlier studies (8) divided this high land into "upper and middle terraces" ; this terminology is currently in dispute, at least as far as the term "middle terrace" is concerned. Indeed, in our own field observations we were not able to distinguish a "middle terrace" level in the centre of the TUNG KULA RONGHAI. It would appear that in this case,



the "middle terrace" is simply an intermediate area (glacis slope) between the recent alluvial (low terrace) and the deposits on the upper terrace. In the South of the area, however, it seems to us that this middle terrace is quite clearly defined.

The region is drained by a few shallow, meandering streams, all of which are tributaries of the MAE NAM MUN : LAM SIEO YAI, LAM PHLAPPLA and LAM SIEO NOI are the largest of these.

The low alluvial plain itself is scattered with small mounds, the soil of which is coarse in texture and on these the villages have been built, thus protected from flooding. It is difficult to assign these sandy mounds to any one of the alluvial levels described. Their sandy texture, the morphoscopy of the sands and their slow pedological evolution, also their somewhat elongated shape, all seem to suggest that they are recent Eolian wind-blow origin (Holocene).

In the low terrace, the water-table is fairly near the surface and is at its lowest rarely less than 3 to 5 m deep. In many places, this salt water is of limited use for agriculture and men.

On the low terrace and the glacis slope linking it to the upper terrace the soils have developed on alluvial or colluvial material which varies greatly in texture : most is sandy on the surface. The nature of this sandy landscape is yet to be studied. It may be of a strictly alluvial origin (true alluvial deposits) or it may be the result of pedogenetic evolution (leaching formation of planosols, etc...). These soils are generally fine sands on the surface but may be silt-laden or clayey at a greater depth.

In a detailed pedological study carried out by the "Soil Survey Division" in collaboration with an American expedition financed by the FAO, 17 soils series were differentiated, most of them belonging to the hydromorphic mineral soils and the salt-bearing soils.

Generally speaking all these soils are of low fertility with a low level of organic content, low saturated exchange capacity, low levels of assimilable phosphorus and potash.



On the upper terrace, the pedogenetical evolution is further developed. The layer of alluvial material is thicker, of a sandy texture and red in colour ; some sections cut during public works projects indicate in places the presence of a fairly deep ferruginous hard-pan. According to MOORMANN (8) these are tropical ferruginous soils.

This area is affected by the South-West monsoon, which has a rainy season from May to October. The total annual rainfall is about 1,200 mm.

Rainfed paddy fields are the main feature of the region's agriculture. Paddy fields are fed by either rain water, running or flood water. They are covering almost the whole area. There is one rice crop a year with an average yield of 2 ton/hectare. Paddy is either sown or transplanted.

The mapped area is the Eastern part of TUNG KULA RONGHAI.

### I. 2. The agrarian landscapes

The MUN basin is an area of rain-fed cultivation, with a single annual crop. It supports a high population density of about 100 inhabitants/km<sup>2</sup>. It has been occupied for a very long time, and the main crop is paddy under flood-water or rain water. Deforestation is fairly widespread, though trees everywhere except in the lowest areas. Semi-dense or clear forest is found on only some parts of the upper terrace and in patches on the middle terrace. A "landscape of wooded fields" as studied by J. BOULBET has been developed by man, who has encroached upon the forests of the low terraces and as far as the upper terraces, anywhere that paddy-fields or fields could be created.

The landscapes have been extensively humanised, and cannot be fully interpreted without reference to archaeological data, the KHORAT plateau should be considered as a whole in relation to the SIEMREAP - ANGKOR region to the South. Two major types of rural landscape are in contrast in the mapped area, corresponding to two different natural environments :

a) The TUNG KULA RONGHAI itself. This is the low area which is liable to flooding and is badly drained, with hydromorphic soils where



trees are rare. This area was the earliest to be occupied by the first rice-growers (1st to 7th century A. D.) who cultivated floating rice. The main factors in the establishment of these populations here were the availability of fairly shallow water all year around and the sparse vegetation which was easy to clear. These first rice-growers were of Indian culture and religion. They dug out large, roughly circular moats around their towns and villages. These were on such a scale that some such sites can still be identified, in the TUNG KULA, South-West of SUVANNAPHUM between MUN and LAM SIEO. The present-day villages are located here. The main purpose of these moats was not defence, but rather to have a readily available water-supply all year round for domestic and religious purposes.

b) North-North-East of SUVANNAPHUM and South of THA TUM and RATTANABURI a very different type of wooded landscape predominates. Small and medium sized trees of species derived from mixed or clear semi-deciduous forests are scattered throughout the whole area, with some hedges in lines or patches. The villages on the mounds in this undulating landscape are distinguished by a denser tree-filled vegetation : very heterogeneous orchards and the remnants of forests, with tall trees around the pagodas and the schools. There are termite-hills everywhere, espacially at the foot of many trees and shrubs. Grass has grown in the stubble of the paddy-fields. There are often ponds or small lakes near the villages.

This patchwork of paddy-fields and wooded areas of the lower and middle terraces, above the plain which is liable to flooding, is characteristics of the ANGKORIAN age. The cultivation of rice was based, as it is today, on transplanting the rice ; vegetables and fruit also had an important part to play in the agrarian system. The ponds and lakes were used to meet all the domestic and religious needs of the villagers, and were not used for irrigation, which was developed only near large temples in the major cities (outside the area studied). These villages were much smaller in size than the villages on the flood plain, surrounded by their moats.

The two main types of landscape have characterised the region up to the present day, in spite of the vicissitudes in the history of the population growth. In about the lenth century a change in climate caused much flooding, and this forced the population to abandon the low alluvial



plain and the villages of the first rice-growers. Then with the decline and disappearance of ANGKOR the KHORAT plateau was rapidly depopulated. However, in the seventeenth century, and the beginning of the eighteenth century the former village sites were gradually resettled by LAOS from the kingdom of CAMPASAK. In 1718, for example, a MUANG or principality was founded at SUVANNAPHUM by an aristocrat (CHAO) for CAMPASAK. Throughout the eighteenth and nineteenth centuries, the region was gradually repopulated until it reached the levels that still maintain today. The two types of rural landscape that existed formerly were reconstituted and the techniques of production (rice cultivation) remained basically the same.

In recent times (since the second world war), there has been a marked increase in the demographic pressure on the fringe areas.

All land that could be planted with rain fed paddy-fields has been planted. The forests on the upper terraces have been cleared to make way for cash crops of kenaf or cassava. Thus, the last areas of forest or the limited forest reserves have been attacked, menaced by the clearing and burning and the bush-fires that follow. Today we see a region which has been exploited to the very limits of its capabilities by traditional techniques of production. Signs of soil erosion are visible in the fields of kenaf or cassava that have recently been won from the forest (upper and middle terraces).

## II - METHODOLOGY

### II. 1. The agricultural environment and the surface state

For the purpose of our study, the *agricultural environment* consists of the various elements which enable us to appreciate an agricultural activity and to define its characteristics (typology) ; all that is visible on the surface ; the field pattern, the type and quality of the crops ; deterioration of the land, changes in the water cycle, areas of livestock rearing, all these features are indispensable and essential elements in evaluating the land and its evolution. This provides a rapid evaluation, although a more accurate and long term appraisal is required more and more often by those in charge of rural development, as there is



an increasing demand for land suitable for cultivation.

This agricultural environment can be perceived by means of the *surface state*. This is the term used to encompass the characteristics particular to the earth's surface.

The *surface state* is simply the resultant state of the close and permanent inter-relationships between features of the bio-physical environment (morphopedology, hydrology, climate, ...) and the human environment (land occupation and use), and the consequences of these (e. g. land deterioration). In fact, it represents an initial ecological evaluation, in the sense that it returns to the basic relationship between living things and their means of support.

In mapping this *surface state*, an initial ecological analysis of the natural environment is made. The chief interest of such a map is that it is an indispensable reference for those in charge of rural development.

In portraying these surface states in map form and bringing to the fore other themes (land units), a new kind of *agro-ecological cartography* emerges which brings out true relationships between agrarian systems and the bio-physical environment which supports them. This is the aim of our research. We believe that the use of satellite images will help us to realise these aims.

## II. 2. The satellite image : useful features

A satellite image is originally a series of numbers recorded into a magnetic tape. These numbers are proportional to the energy from rays reflected and emitted by the Earth's surface in a given wavelength range.

Each image (or scene) is made up of pixels each of which has its own radiometric value (the size of the pixels determines the image resolution).

The group of numbers (radiometric values in each spectral band) specific to each pixel is called the "spectral signature of the object". These numbers, therefore, contain within them all the characteristics defining the *surface* of the Earth, or in other words, the Surface State.



The first operation in the procedure is to transfer these numbers into symbols or colours to produce a document, possibly coloured, which is usually called a "visualization". This visualization in its raw state represents an *image of a reality which has still to be deciphered* and it is the basic document for all subsequent analysis.

The identification and characterization of each colour or range of colours is carried out in the field by a systematic and meticulous research into interpretation keys. Identification of the phenomena corresponding to each colour is done by means of "test-zones" or "training-fields" each of which is representative of a type of surface state listed. Each "training field" is made up of a group of radiometric values which thus define one "classe" of surface state. After processing, each pixel is assigned to one of the defined classes, and a new image is obtained, a "classified image". The classified image with its legend constitutes a first "map of surface states". The more detailed the information gathered during the field study, the better the map will be. This classified image also represents a numerical data base, which, with the application of data processing and a certain amount of reason and imagination, will be the basis for producing countless other maps.

The nature of the data recorded on the classified image also depends on the time of year when the image is obtained. Certain phenomena such as humidity, vegetation, crops, etc... can be seen only at certain times of year. There are therefore three important *conditions* to be considered in order to obtain the best interpretation of the satellite data for the purposes of the study being undertaken : these are, a good visualization, field studies and the choice of a proper date for obtaining the image.

### III - WORK METHODS

The identification of data contained in the satellite image can be achieved only by means of the *visualization*, a working document of vital importance.



This identification stage is necessary, as it prepares the way for the digital analysis which is to be carried out later (especially the supervised and interactive classification), and determines the quality of this later analysis.

The work schedule was as follows :

- field study
- information obtained during field study recorded
- digital analysis data processing
- checks in the field.

The end-product of these four stages should be a classified image with a key for *interpretation*. The value of this interpretation depends directly on observations made during the field study.

### III. 1. The field study

The main object of this study was to establish correlations between the ranges of colours in the visualization with its composite colours (texture and structure) and their true significance (ground truth). It was thus necessary to identify those surface states which were to be used as references in the processing of the image classification.

A good LANDSAT visualization was available, dated *january 1976* and carried out by the "Australian Development Assistance Bureau", with contrasts enhancement, on a scale of about 1/100,000.

The field study was carried out in the 1983 dry season (April, May) when the water levels were practically at their lowest.

The following procedure was adopted :

- 1) colour combinations were selected on the visualization (ranging from colours which were quite uniform to heterogeneous shades) so as to take into account the texture and structure of the coloured patches.



2) Training-fields that were easily accessible were marked on the visualization. These test zones were selected according to their shade of colour, their homogeneity, their colour combination and their size. We tried to select training-fields that were very representative of these various features, and that were as small as possible while still being compatible with the requirements of the digital analysis.

3) Observations made in the field were recorded on cards (60 in all) taking into account the characteristics of the training fields.

*location* : geographical coordinates, name of place...

*landscape unit* : relief, shape, position of site within unit...

*land cover* : type of vegetation, density of trees

*land use* : types of crop, state of vegetation, diseases, type of field pattern, size of fields, assessment of crop cover

*drainage* : hydrographic network, typology of the shallows, assessment of humidity

*micro-relief* :

*surface material* : texture and colour, type of pedogenesis

*stability / instability* : assessment of erosion, nature and severity of erosion processes, action on pedogenesis

*agronomic constraints* : edaphic and hydric

*other remarks* : miscellaneous information.

The aims of this procedure, based on numerous observations in the field, are chiefly the following :

- to facilitate the interpretation of the histograms for each training field and to plot the limits between each classe on the diagram of radiometric distribution (digital analysis of the image).

- to gather sufficient data and observations to make a more exhaustive interpretation of the surface states possible at a later date ; this purely visual exploitation of the image should be used to improve the image legend.

In this way, the man in the field is constantly involved in the digital analysis of the data.



### III. 2. Information obtained during field study

Three colours dominate the visualization : green, red and very light yellow. These are mingled with various shades and mixtures of colours, each of which has a particular significance in the landscape.

The significance of each colour and shade could be allocated following the field study.

The *green* is linked with *surface humidity* of the material, and this was the case whatever the texture of the material. The degree of humidity is shown by the intensity of the colour. This colour clearly indicates those *types of environment* which are still wet in January, and which, therefore, undergo a draining off or a drying out which is *slow to moderate*. These types of environment (or landscape units) are centred in particular in the low alluvial plain and enable us to retrace former rivers which are less in evidence today. In January, the vegetation cover in these types of environment varies from very little to none at all. They are occupied by rainfed paddy-fields with very few trees and at this time of year, these rice-fields are quite bare.

The *very light yellow* represents environments which in January have a surface humidity which ranges from very low to zero. The surface dries out rapidly, more rapidly than in other types of environment, as in January the drying process has already occurred.

The vegetation cover, especially the density of the trees, ranges from low to very low. Here again, the colour is not linked strictly to the texture of the material, but rather to the micro-topography.

The *red* is very closely related to the different types of forest cover. There is not sufficient distinction between shades, however, to allow a detailed typology of this forest cover. It shows a chlorophyllian effect coming from a total vegetation cover of the ground, without taking in account the tree size and the vegetation strate.



Two basic features of the natural environment of the TUNG KULA RONGHAI determine the colours of the visualization (for January). These are the *surface humidity of the material* and the vegetation cover, especially the density of the trees. These two features, and the many possible variations of each, form the basis of the differentiation of the various *surface states* that can be seen on the image, and hence they form the basis of the image classification itself. Each mixture of colours has a particular significance, depending on the precise texture and structure of colour produced, and we were able to check this significance in the field. The following combinations provide some examples :

- orange close to dark red : environment which dries out rapidly, with dense tree cover
- green dotted with red : environment which dries out slowly, with dense tree cover,
- all white : very dry, bare sandy levees
- greenish dotted with red : environment with moderate drying out rate, and little tree cover, etc....

At this time of year, the nature of the crops, all of which depends on the rain, is of little relevance ; they have, however, been taken into account as there is a very marked contrast which can be observed between forests, areas that have been cleared and cultivated, and zones outside the forests that are planted entirely with paddy. Rice is such a major crop in the TUNG KULA RONGHAI that it must always be evident in some way in the surface states.

Several classes of surface state were distinguished, bearing in mind the situation in January 1976. We shall try to situate each one in its morpho-pedological and agrarian context. The classes are as follows :

A - *Deep water, lakes, rivers* : stretches of water of a certain depth : dams, main streams of rivers, permanent lakes, etc....

B - *Turbid water* : edges of lakes, dams or depressions liable to dry out rapidly, generally water likely to be turbid,

G - *Paddy-fields with very few trees and bare soils which dry out slowly* : these correspond to the lowest parts of the flood plain of the rivers NAM MUN and LAM PHLAPPLA. These areas drain badly. The surface texture is sandy-silt with silt to clay below.



J - *Paddy-fields with very few trees and bare soils which dry out at medium rate* : these are all located in the low plain and correspond to the edges of depressions. The few trees are mainly in small scattered clumps. Surface material is fine sandy-silt.

F - *Paddy-fields with few trees and bare soils which dry out rapidly* : this corresponds to a specific environment in the low plain of the TUNG KULA RONGHAI liable to flooding. There are small sandy islands or sandy levees marking out the former courses of the MAE NAM MUN where villages are often located. They are characterised by very few trees. They are either cultivated as paddy-fields or left as uncultivated pasture (abandoned paddy-fields). They drain and dry very rapidly (xerophytic vegetation) even though in some cases they are flooded annually during the rainy season.

H - *Wooded paddy-fields with average to few trees* : these rice paddies are mainly located on the glaciis slopes linking the upper terraces ; drainage is therefore good and the surface dries rapidly. Surface material is sandy to fine sandy silt ; these areas are not usually flooded by the rivers. The trees are less sparsely distributed than in the previous case, being mainly clear forests or mixed forests species.

I - *Wooded paddy-fields with dense to average tree cover* : these are located on landscape units which dry out at a medium to slow rate. This type of environment is often situated upstream from drainage gulleys for surface water which are quite easy to locate on the visualization. They are mainly situated on the middle terrace or on the glaciis slopes down to the lower terrace, and in this position are not liable to flooding. Some paddy-fields of this type situation on the low plain at the edges of streams are flooded annually.

There are tightly clustered trees of dense or mixed semi-deciduous forests species. This tree cover is heterogeneous, with trees of very varied canopy and height either scattered or in clumps. Shrubs and bushes on mounds or termite-hills are some times aligned to form a continuous hedge. Grass has grown in the stubble of the paddy-fields. The water-table is not very deep and few crops are possible (tobacco, garlic, tomatoes) in the dry season, but only around the wells.



E - *Cleared land with average to dense tree cover (fields and paddy-fields)* : this landscape is to be found on the upper terrace or on the glaciis slopes of the low terrace to the South of the region under consideration, also on the middle terrace. The environment is well drained and dries out rapidly. These are fields of rain crops (kenaf, cassava, sugar cane) and scattered paddy-fields with varying densities of trees. Small patches of forest are mingled with the clearing.

C - *Semi-dense forest* : at present located in well-drained types of environment : upper terrace, sandy hills (eolian). It is the remnants of the dense or semi-dense forest of mainly deciduous Dipterocarps ; also called mixed forest. This type of forest is very often deteriorated, with only a few large trees or none at all on the upper layer. These forest remnants are characterised by two layers, or a single layer, where the trees are small or medium in size. The ground is entirely covered by this tree-filled vegetation and this gives a pronounced chlorophyll effect, characteristic of this class. In it are grouped mixed types of forest, mainly deciduous and deteriorating, with not a single example of a typical dense forest with three layers. These are often "low-lying mosaics of forest dominated by the scattered remains of upper layer trees" (J. BOULBET).

Much smaller expanses of tree remains surround former temples near some villages. Heterogeneous but dense forests and orchards belong to this class, which thus also designates villages sites.

D - *Clear forest or forest with clearings* : this may be a deteriorated form of the preceding class, with tree covers which is less dense, or clear forest with low Dipterocarps on very heavily scoured terraces. A clear or semi-dense thicket occupying a fallow clearing also falls within this class.

M - *River bed liable to flooding* : thicked and deteriorated remnants of swampy forest are lying in the main river-beds and ox-bows.

All these observations in the field were used as a basis of the digital processing of the image in order to obtain the classified image discussed in the following paragraph.



### III. 3. Digital processing

The purpose of this digital processing is to convert the raw data into an image classified by surface states.

The following are the main stages of the operation :

- calculation of the two channels to be used for the classification
- supervised and interactive classification :
  - . visualization of the two channels
  - . definition of the classes
  - . production of the classified image .

#### III. 3. 1. Calculation of the two channels to be used for the classification

The mode of interactive classification used presupposed that the image could be defined by two channels.

The two channels used were the first two factors in the Principal Components Analysis of the adjusted image. The correlation coefficients obtained between the four channels of the image (the four spectral bands) were as follows :

channel 1 / channel 2 : 0.93  
 channel 1 / channel 3 : 0.68  
 channel 1 / channel 4 : 0.46  
 channel 2 / channel 3 : 0.70  
 channel 2 / channel 4 : 0.48  
 channel 3 / channel 4 : 0.88

The true values represent, as a percentage of the total variance, 77.03 19.55 1.78 1.64. The first two components thus incorporate more than 96 % of the total of variance. The coefficients obtained in the Principal Components Analysis were the following :

First component :	0.50	0.51	0.53	0.45
Second component:	-0.49	-0.46	0.34	0.66
Third component :	0.35	-0.10	-0.73	0.57
Fourth component:	0.62	0.72	0.25	-0.17



### III. 3. 2. Supervised and interactive classification

The method used was supervised and interactive and presupposed that :

- the classification was carried out according to values recorded on two channels, which may be either two raw channels corresponding to a particular spectral band or two linear combinations of raw channels.
- the radiometric values were coded from 0 to 63,
- each class could be identified on the image by at least one training field.

The principle of this classification involved taking a square of 4 096 divisions ( $64 \times 64$ ) and representing in it the possible different combinations of radiometric values of the two channels selected (generally these are the first two channels of the Karhunen Loève transformation or Principal components Analysis). The classification was done by dividing up the square. This resulted in the image also being divided up. Statistics obtained from the training fields and especially the two-dimensional histograms, enabled us to determine the best way of making this division.

This method is an interactive one since the definitive class adopted is the result of successive trials and comparisons between the histograms of the different test zones, the divisions made and the resulting classified images.

This procedure necessitates a very rapid exchange of informations between user and machine. In particular, the user must be able to calculate and immediately display the histograms obtained from the test zones ; he must be able to modify the division easily and to visualize the classified image immediately after each modification. This was possible thanks to a special terminal for image processing, the IBM 7350, and software for image classification developed under APL by the IBM Centre Scientifique, France.



The chief characteristics of the IBM 7350 are :

- a colour screen of 1024 x 1024 points
- a refresher memory with 12 planes.
- a colour transcodage terminal with 4096 entries, offering a choice of 32,000 colours.
- an auxiliary memory of 6 millions octals, enabling the user to record images and to display them instantly on the screen,
- a special high-speed processor for image processing which is able to carry out transformations, combinations, interpolations, distribution calculations and other statistical parameters.

The classification program draws upon the particular capabilities of the IBM 7350, and the user can be as interactive as possible with response times which are very short, in relation to the work done by the system.

The actual classification consists of three phases :

- visualization of the two channel used,
- definition of the classes,
- generation of the classified image.

In the case of the image of the TUNG KULA RONGHAI, the channels were the first two components of the KARHUNEN LOËVE transformation. These were calculated by the IBM 7350 from the four raw channels.

#### 1) Visualization of the two channels :

Before visualization the channels must be recoded in such a way that their values fall between 0 and 63. The IBM 7350's processor allows this transcodage to be done at the same time as the visualization by using translation tables, and no extra time is required. The total time taken for transcoding and displaying is about 3 seconds. The channels are stored in the refresher memory, 6 planes per channel. The colour transcodage terminal meant that several types of visualization could be displayed (e.g. one channel in red and the other in green, or one channel for the colour and the other for the light intensity).



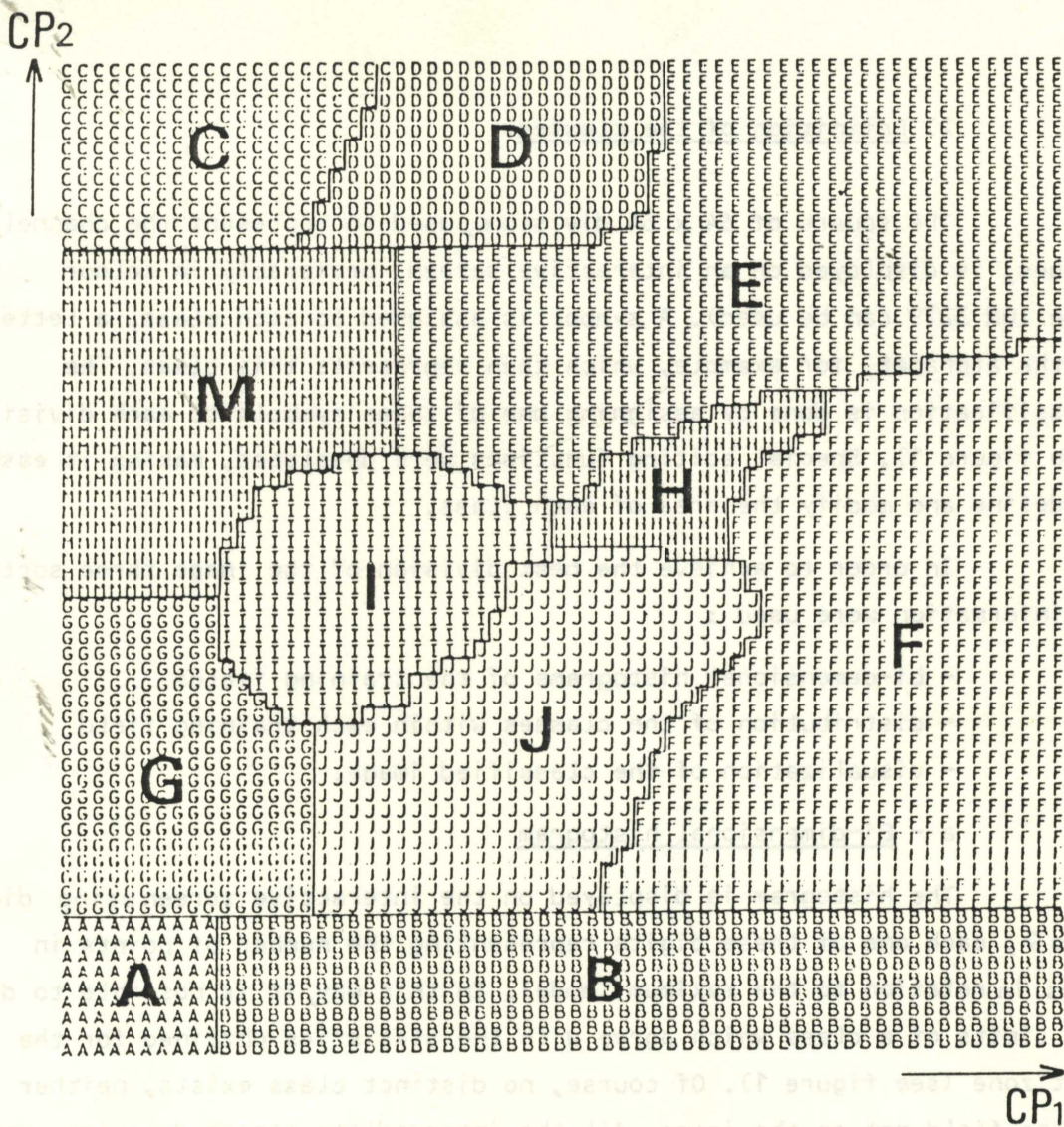


Fig. 1 - Division of the radiometric values in the plane of the two first components of a Principal Component Analysis (Tung Kula Ronghai image)

CP 1 : first component  
CP 2 : second component

See table 1 for meaning of the letters (classes)



## 2) Definition of the classes

The square of 64 x 64 divisions, used to represent the channel values, is displayed on an interactive screen, preferably in colour (the IBM 3279 can be used). A symbol is assigned to each class, a letter of the alphabet, for example, which then represents this class. The classification is done by assigning one of these symbols to each division (see figure 1). Special editing functions were developed, making it easy to define and modify the area of each class.

In order to achieve the best division of the image three sorts of information were used :

- bi-dimensional histograms of the training fields
- distribution of the classes within each training field
- visualization of the classified image.

### a - Bi-dimensional histogram

The histogram is displayed on the interactive screen using digits 0 to 9, each one of these digits representing the number of points in tenths in relation to the maximum (mode). In this way, it is possible to draw the limits of a class which agree with the statistics obtained for the test zone (see figure 1). Of course, no distinct class exists, neither in the field nor on the image. All the intermediate stages do exist, and one passes imperceptibly from dense forest to forest with clearings and from paddy-fields with many trees to paddy-fields with average or little tree cover.

Several limits were tried and tested visually between two neighbouring classes. The limit which produced the best class allocation within the training-fields was selected.

### b - Distribution of the classes within the training-fields

Along with the histogram, the percentage that each class represents within the training field is displayed. This is done each time the division is altered. In this way, it is possible to check at any moment the accuracy of the classification.



### c - Visualization of the classified image

The classified image can be displayed at any time by means of the colour transcodage terminal. The terminal has 4096 entries, corresponding to the 64 x 64 divisions in the square with the channel values. A colour is assigned to each class. By putting these colour into the terminal at the co-ordinates corresponding to the area of each class, the classified image the appears on the screen.

### 3) Creation of the classified image

When the classification obtained is thought to be satisfactory a classified image can be produced by the IBM 7350 ; that is an image where is an image where the values of the channels are replaced by the numbers of the corresponding class. For this, another transcodage terminal is used which has the same format as the colour transcodage terminal, except that the colours are replaced by class numbers. First, the classified image is fed into the memory of the IBM 7350 from where it can be sent to the memory banks on disc or tape.

In this way, the classified image of the surface sates was created. In all 11 classes were defined.

The percentages occupied by each class were as follows :

SYMBOL DIAGRAMME REPARTIT.	CLASSES	PERCENTAGE OF THE TOTAL AREA	SURFACE
A	Deep water, lakes, rivers	1.05	6 424
B	Turbid water	0.66	4 051
M	River bed liable to flooding	6.52	39 949
C	Semi dense forest	3.49	21 391
D	Clear forest or forest with clearing	4.03	24 693
E	Cleared land with average to dense tree cover (fields and paddy fields)	12.38	75 852
I	Wooded paddy fields with dense to average tree cover	20.80	127 503
H	Wooded paddy fields with average to few trees	9.15	56 092
F	Paddy fields with few trees and bare soils which dry out rapidly	13.80	84 564
G	Paddy fields with many trees and bare soils which dry out slowly	4.47	27 417
J	Paddy fields with few trees and bare soils which dry out at medium rate	23.66	145 007
TOTAL		100	612 943



The classified image was then sent, on a tape, to the Institut Geographique National (Service des applications nouvelles) to be processed by their image plotter SEMIO. We thus obtained three films, each one corresponding to a basic colour (yellow, red, blue). These were ready to use for an offset print. The black film with title and texts has been prepared in the mapping section of IRAT/GERDAT (Montpellier).

#### IV - RESULTS AND CONCLUSIONS

The result of the field study and the supervised interactive processing was a cartographic document produced from the classified image.

##### IV. 1. The map legend

The basic of the legend is the 11 classes representing the surface states found in the field.

A colour was allocated to each class so that the particularities of a zone, i. e. the *drainage and the density of the tree cover* should stand out visually. When the image is studied as a whole then it is possible to distinguish quite clearly the paddy-fields with very trees which dry out slowly (violet) and those which dry out rapidly (pale yellow) in the low plain. These environments contrast visually with the dense tree-cover surrounding the low flood plain, which are coloured green.

The field study enable us add certain data to the legend which helps to situate better the different surface states and to define them in terms of agricultural environments (especially evaluation of salinity).

##### IV. 2. Conclusions

The following conclusions seem to be the most important :

- the quality of the visualization is paramount. In this case, the contrast enhancement clearly brought out the differences between the green, the white and the red.



### REFERENCES

- The date of the visualization is of supreme importance, as, depending on the date, certain phenomena may be observed, some may be hidden or brought into contrast. In the TUNG KULA RONGHAI, for example, it is probable that a visualization for the month of May would have contained much less green than that for January, and thus all the drainage system in the landscape would be masked. The saline areas, which are numerous in the TUNG KULA RONGHAI, could not be defined and hence delimited on this visualization. The field study was necessary to be able to include this data in the legend.

- a good knowledge of the field is imperative, in order to set up the correct training fields and to be sure of a reliable supervised and interactive classification. Indeed, the definitive classification adopted, and this was the case for the TUNG KULA RONGHAI, must be the result of successive trials and comparisons of the histograms of the different training fields, with the divisions made and the classified images which resulted. This point is fundamental.

January 1984



# REFERENCES

- BOULBET (J) - "Evolution des paysages végétaux en Thaïlande du Nord-Est". Ecole Française d'Extrême Orient, Paris, 1982, 36 p.
- BRUNEAU (M), KILIAN (J) - "Inventaires agro-écologiques, paysages et télédétection en milieu tropical, essai méthodologique". Forthcoming in Agronomie Tropicale, 1984.
- CHOMCHAN (S), PANICHPONG (S) - Tung Kula Ronghai part 1. Preliminary data and land use plan. Department of land development. Soils survey division. 1975.
- CHULALONGKORN University Social Research Institute - Report on Tung Kula Ronghai project review for implementation. Bangkok 1981.
- DOSSO (M), KILIAN (J), SAVARY (G.) - Etude IBM-IRAT - Campagne de simulation des données SOPT Haute Volta : région de Bagre. Centre Scientifique IBM - France. Etude F059. Paris, 1983.
- Guidelines for flood mitisation - Tung Kula Ronghai Northeast. Thailand. Kingdom of Thailand. Australian Development Assistance Bureau. August 1979.
- KEYES (C.F.) - "In search of land : village formation in the Central chi river valley, Northeastern Thailand", in contributions to Asian Studies, vol. 9, Leiden, 1976, p. 45-63.
- MOORMANN (F.R.) ; SAROT MONTRAKUM ; SAMARN PANICHAPONG - Soils of northeastern Thailand. A key for their identification and survey. Kingdom of Thailand. Land Development Department. Soils Survey Division. Bangkok 1964.
- PAIRINTRA (C), KONGKAJANDR (V), BOONPROMMA (K), RUANSIRI (P), BRUNEAU (M), KILIAN (J) - Land cover inventory and changes detection using Landsat data. Tung Kula Ronghai. Land cover NRCT Seminar. Bangkok 1982.
- UNITED NATIONS, Economic Commission for Asian and the Far-East : "Archeology and the Mekong Project". Committee for Coordination of Investigations of the Lower Mekong Basin.